

INFLUÊNCIA DA DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO EM INUNDAÇÕES

Leonardo Romero Monteiro¹ & Masato Kobiyama²

Resumo – Em estudos sobre inundações existe grande dificuldade de se estimar uma distribuição temporal de precipitação. Justamente por causa desta dificuldade esta distribuição vem sendo tratada com menor importância. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi demonstrar a importância da distribuição temporal da precipitação na estimativa do hidrograma e na caracterização da área de inundação. Para isto, o modelo hidrológico HEC-HMS e o modelo hidrodinâmico FLO-2D foram aplicados à Bacia do Morro do Baú (48,5 km²) no município de Ilhota/SC que se localiza na Bacia do Itajaí. Quatro hietogramas com formatos diferentes foram gerados e utilizados na modelagem. Os resultados permitem concluir que existe grande variação das vazões de pico. Esta variação depende muito do potencial de infiltração. As áreas e profundidades de inundação, assim como a velocidade do escoamento superficial, variam menos do que as vazões de pico e estas variações são também fortemente dependentes do potencial de infiltração. Para o Índice de Perigo, a importância da distribuição temporal da precipitação não se altera muito com a mudança dos valores de Número de Deflúvio.

Abstract – In flood investigations there is large difficulty in estimating a temporal precipitation distribution. Because of the difficulty this distribution has been treated as less important. Therefore, the objective of the present work was to demonstrate the importance of temporal precipitation distribution in hydrograph estimation and flood area characterization. The hydrological model HEC-HMS and the hydrodynamic model FLO-2D were applied to the Morro do Baú watershed (48.5 km²) in Ilhota city, Santa Catarina state. This watershed is located inside the Itajaí river basin. Four hyetographs with different formats were generated and used in modeling. The results permit to conclude that there is a large variation of the peak discharges. This variation depends on the infiltration potential. The inundation areas and depth, as well as the surface flow velocity, vary less than the peak discharge. These variations are strongly dependent on the infiltration potential. For the Hazard Index, the importance of temporal precipitation distribution is not very changed with change of the Curve Number.

Palavras-Chave – Inundação, distribuição temporal de precipitação, modelagem.

1. INTRODUÇÃO

Todos os estudos que envolvem a precipitação passam pela grande dificuldade em estimar o seu comportamento temporal. Isso ocorre porque o desencadeamento de uma precipitação varia

¹ Graduando do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, Caixa Postal 476, Florianópolis-SC, Brasil, CEP 88040-490, E-mail: monteilo@hotmail.com.

² Bolsista do CNPq, Professor Associado III Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, Caixa Postal 476, Florianópolis-SC, Brasil, CEP 88040-900, E-mail: kobiyama@ens.ufsc.br

com diversos fatores, muitos ainda não compreendidos. Por causa desta dificuldade, diversos estudos sobre inundações dão pouca atenção para tal assunto, utilizando formulações puramente empíricas, sem entender as consequências da estimativa de uma precipitação a ser utilizada no projeto.

Diversos autores, entretanto, abordaram a importância de vários aspectos das precipitações nos estudos sobre inundações. Rahman *et al.* (2002) afirmaram que os fatores primordiais que afetam na produção de escoamento são a duração da precipitação, a intensidade, padrões temporais e de área da precipitação e as perdas da tempestade. Loukas (2002) comentou da importância da variação temporal da precipitação e aplica análises estatísticas fazendo comparações com dados observados para estimar esta variação. Canholli (2005) discutiu a influência da distribuição temporal das precipitações na drenagem urbana e realiza uma revisão bibliográfica sobre o assunto. Além disso, observa-se que a variação temporal é desconsiderada na grande parte dos bancos de dados de precipitação no Brasil.

Com base nessas observações, o objetivo do presente trabalho foi analisar influências da distribuição temporal da precipitação sobre a vazão e área de inundação, verificando-as na modelagem matemática. Estudos estatísticos normalmente tratam de precipitações acumuladas diárias, desconsiderando a distribuição da precipitação ao longo daquele dia. Os resultados destes deverão ser menos precisos do que os dados inseridos, ou seja, os diários.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de Estudo

A bacia do Morro do Baú se localiza no município de Ilhota, SC. O município possui 12.324 habitantes de acordo com o IBGE (2010) e um histórico marcado por problemas com inundações, sendo inteiramente dentro da bacia do rio Itajaí (Figura 1). A bacia possui uma área de 48,5 km², e o comprimento de seu rio principal, que é caracterizada pela 5ª ordem de acordo com a hierarquia fluvial de Strahler (1952), é de cerca de 15 km. Esta bacia é predominantemente rural, havendo poucas áreas de comércio, moradias e estradas. De acordo com Lima (2010), os usos do solo da bacia consistem em mata (capoeira, capoeirão, mata secundária e clímax) com 50%, plantação de banana (15%), capoeirinha (13%), reflorestamento (11%), cultivo de arroz (9%), outros cultivos (1%) e solo exposto (1%). Diversas obras já foram escritas referenciando os desastres naturais na Bacia do Itajaí, algumas delas com intuítos científicos, como em os trabalhos de Lima *et al* (2010) e Frank e Sevegnani (2009), além de outras com a intenção social baseados em relatos dos acontecimentos, por exemplo, Menezes (2009) e Pereira (2009).

Esta bacia foi dividida em 18 Sub-bacias de contribuição e uma Área Inundável (Figura 2). As sub-bacias de contribuição foram diferenciadas da área inundável, pelo potencial de inundação que a segunda possui por causa da grande diferença de declividade média do rio principal (Tabela 1).

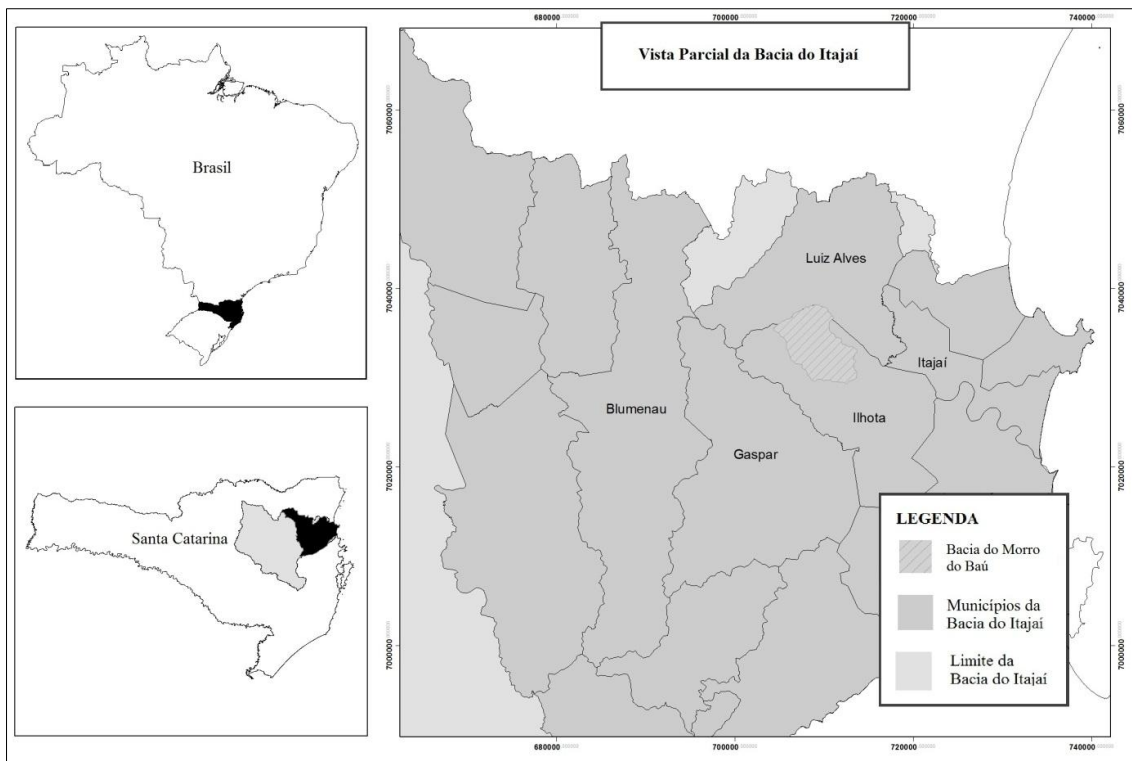


Figura 1 - Localização da bacia do Morro do Baú

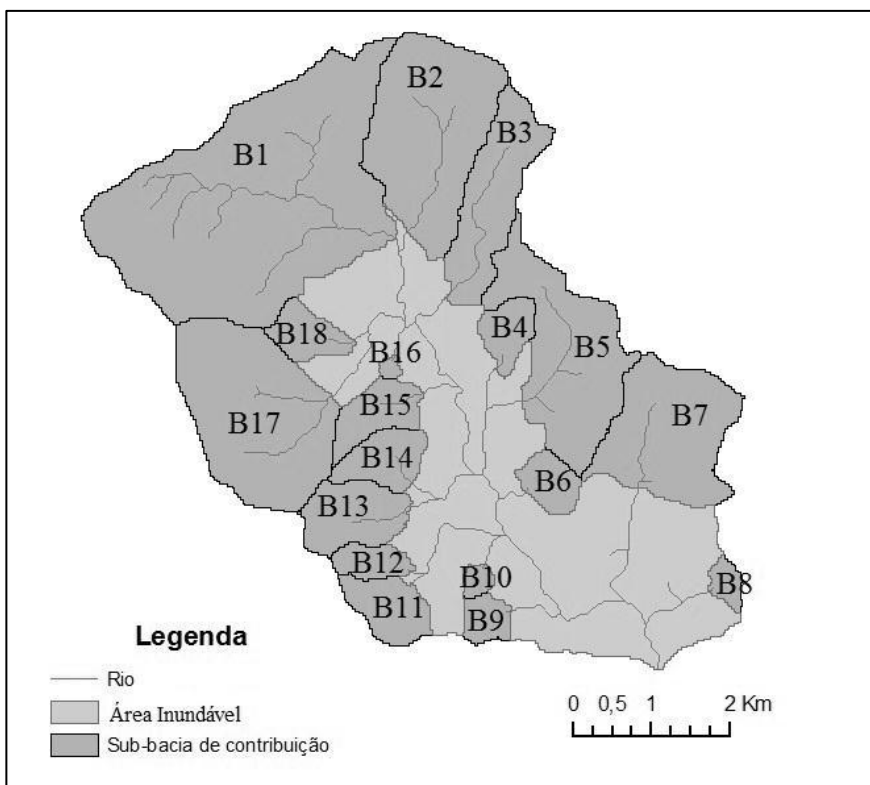


Figura 2 - Divisão da bacia

Tabela 1 - Características das Sub-bacias de contribuição e da área Inundável

Sub-bacia	Área (m ²)	Declividade Média do Rio (%)
B1	10,07	0,068
B2	4,21	0,137
B3	2,09	0,083
B4	0,67	0,062
B5	3,42	0,041
B6	0,64	0,144
B7	3,06	0,078
B8	0,30	0,188
B9	0,48	0,156
B10	0,16	0,185
B11	0,95	0,165
B12	0,65	0,199
B13	1,51	0,178
B14	1,01	0,098
B15	1,01	0,047
B16	0,18	0,247
B17	4,49	0,115
B18	0,63	0,187
Área Inundável	12,98	0,003

2.2.Dados Utilizados

Para realização da modelagem computacional, foram utilizados dados de precipitação e de vazão, mapas topográfico e hidrológico e de uso do solo (Tabelas 2).

Tabela 2 - Obtenção e Características dos Dados

Dados	Fonte	Características
Precipitação	ANA	Estação 2648000 – 01/1935 até 01/12/1966 Estação 264800 – 09/1927 até 12/2006 Estação 2648002 – 01/1941 até 12/2006
Vazão	ANA	Estação 83880000 – 04/1929 até 10/2004
Mapa Topográfico	IBGE	Gaspar 28823/ Escala 1:50.000
Mapa Hidrológico	IBGE	Gaspar 28823/ Escala 1:50.000
Uso do Solo	Lima <i>et al.</i> (2010)	Estimado por Fotointerpretação

2.3.Criação da precipitação de projeto

Com três estações pluviométricas disponíveis da ANA, utilizou-se o método de Thiessen para verificar a área de abrangência de cada estação e então foi criada uma única série histórica referente à bacia de estudo. Através dessa, utilizou-se o Método de Gumbel para estimar as máximas precipitações anuais prováveis e o método de desagregação proposto pela DAEE/CETESB (1980) para adquirir-se a variação temporal da precipitação. Com esses procedimentos se criou a Curva de Precipitações Intensas para a localidade, que varia com o período de retorno e duração da precipitação.

O presente trabalho adotou o período de retorno de 5 anos e o tempo de precipitação de 5 horas que é aproximadamente igual ao tempo de concentração da bacia. Nota-se que, aqui, o método da Onda Cinemática proposto por Kibler (1982) foi utilizado para o cálculo do tempo de concentração da bacia, levando em conta as considerações de Silveira (2005) sobre as características de bacias para a utilização de fórmulas de tempo de concentração.

Para definir adequadamente a variação temporal da precipitação foi utilizado o Método dos Blocos Alternados. O tempo de duração de cada bloco escolhido foi de 15 minutos. Quatro tipos de hietogramas, que se diferenciam principalmente pela localização de sua precipitação máxima, foram criados para obter a variação temporal da precipitação. Os picos das Precipitações 1, 2, 3 e 4 encontram-se às 01:00, 02:00, 03:15 e 4:15 horas do início da precipitação respectivamente (Figura 3).

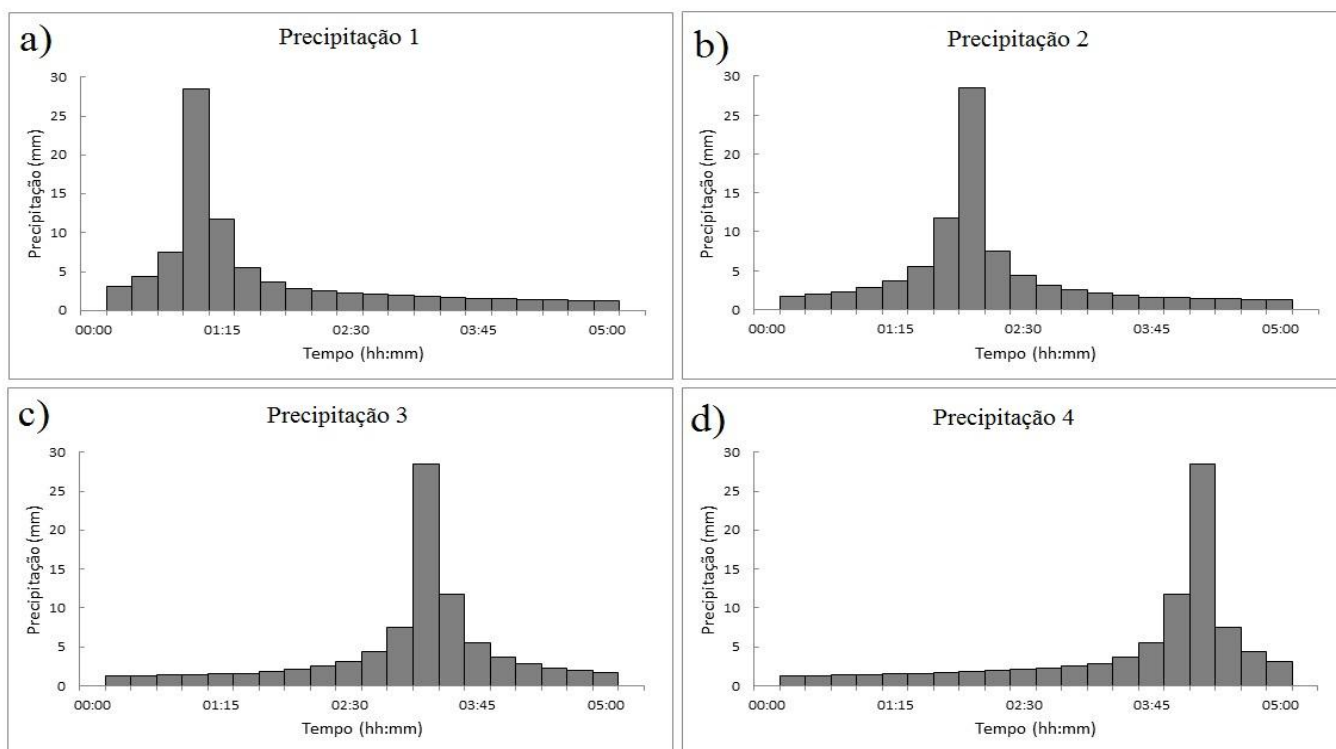


Figura 3 – Hietogramas da precipitação de projeto a) Precipitação 1; b) Precipitação 2; c) Precipitação 3; d) Precipitação

2.4. Modelagem Hidrológica com HEC-HMS

A modelagem hidrológica foi realizada através do programa HEC-HMS (*Hydrologic Modeling System*) desenvolvido pelo Centro de Engenharia Hidrológica do Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos da América (USACE-HEC, 2000). Este programa funciona através da junção de modelos já existentes na área da hidrologia. A modelagem hidrológica foi realizada, utilizando os modelos e os parâmetros referenciados na Tabela 3. Os parâmetros foram separados em variáveis e fixos, para posteriormente na análise identificando quais deles podem estar variando nos resultados.

O valor do Número de Deflúvio (*Curve Number*) foi obtido através do auxílio dos estudos de Lima *et al.* (2010) que realizaram a discriminação do uso do solo para a mesma área de estudo. Este parâmetro foi tratado como um variável que considera duas situações: o solo parcialmente úmido e o solo bastante úmido.

As perdas iniciais de precipitação foram obtidas de acordo com o que o Modelo de Retenção Potencial Máxima sugere, em função do próprio Número de Deflúvio. O coeficiente de armazenamento foi estimado através da proposição de Dooge (1973). Após observar os dias quando não houve precipitação, os valores de vazão de base foram obtidos através da análise estatística de vazão dos dados da ANA. Nesta etapa foram analisados criteriosamente os resultados dos hidrogramas fornecidos apenas no final da simulação

Tabela 3 – Estrutura do HEC-HMS

Modelo	Método utilizado	Parâmetros variáveis	Parâmetros fixos
Modelo de Perdas de Precipitação	Modelo da Retenção Potencial Máxima - <i>SCS Curve Number</i>	Número de Deflúvio; Perdas Iniciais; Precipitação de projeto	-
Modelo da Transformação do Escoamento Superficial	Método do Hidrograma Unitário de Clark	Precipitação efetiva	Área da bacia; tempo de concentração; coeficiente de armazenamento
Modelo de Escoamento Básico	Constante Mensalmente	-	Vazão do escoamento de base

2.5. Modelagem Hidrodinâmica com FLO-2D

A modelagem hidrodinâmica foi realizada com o modelo FLO-2D proposto por O'Brien *et al.* (1993). Este modelo trabalha com a conservação de volume das inundações. Através de um conjunto de *grids*, este relaciona todos os parâmetros de entrada para cada unidade e repassa as informações desenvolvidas para as seguintes unidades dependendo da maneira que água for escoada. Este programa também permite a modelagem 1D do canal, em sinergia com a modelagem 2D do terreno.

Como os parâmetros de entrada fixos utilizados no presente trabalho foram o mapa topográfico e a imagem de satélite. As informações dos hidrogramas fornecidos pelas sub-bacias, as próprias precipitações que causaram essas vazões e as informações referentes ao uso do solo e seu nível de saturação foram utilizados como parâmetros variáveis.

Sendo igual ao caso da modelagem hidrológica, o modelo adotado para estimar perdas de precipitação na modelagem hidrodinâmica foi o Modelo da Retenção Potencial Máxima. Analisou-se a variação das áreas e cotas de inundação, além da velocidade de escoamento. Para realizar a simulação 2D de inundação foram criados *grids* de 100 m visto que esta análise não está relacionada com a verificação pontual dos dados, e sim o entendimento das tendências de mudança de acordo com as diferentes situações. O procedimento global de modelagem do presente trabalho se encontra na Figura 4.

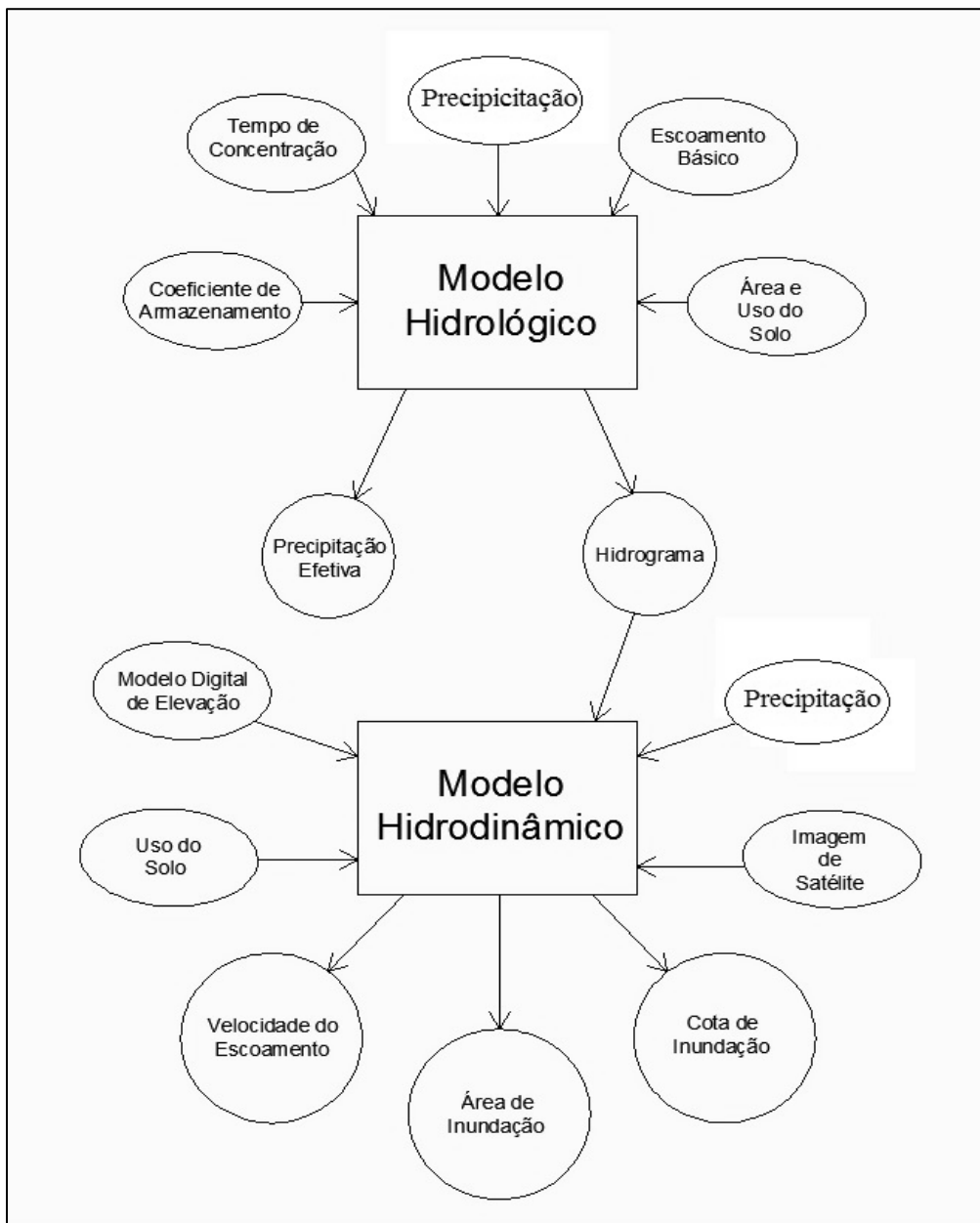


Figura 4 - Fluxograma de modelagem

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As simulações foram separadas em Caso 1 e Caso 2. No Caso 1 o Número de Deflúvio possui um valor menor de 73,9, o que considera o solo como medianamente úmido, enquanto no Caso 2 este valor é de 86,7 para um solo muito úmido. Nesta circunstância, a infiltração no Caso 2 foi menor do que no Caso 1, se assemelhando mais a característica de uma bacia urbana, em questão de permeabilidade.

Foram realizadas oito simulações para a modelagem hidrológica, quatro tipos de precipitação para o Caso 1 e mais as mesmas quatro precipitações para o Caso 2. Quatro simulações

foram realizadas para a modelagem hidrodinâmico, dois tipos de precipitação para o Caso 1 e mais as mesmas duas precipitações para o Caso 2.

3.1. Análise do Hidrograma

Esta análise foi efetuada apenas nas Sub-bacias de contribuição como já mencionado anteriormente. Para a apresentação dos resultados foram demonstradas apenas três Sub-bacias representativas do conjunto total, isto é, B1, B5 e B10. Para entender melhor a situação, foram plotados os quatro hidrogramas referentes à Sub-bacia B1 para os Casos 1 e 2 (Figura 5 e 6). Em ambos os casos, percebe-se que com a variação das precipitações, quando o seu pico se localiza ao final do evento, o valor máximo da vazão do hidrograma aumenta e o seu tempo de duração é reduzido. Isto ocorre por causa da infiltração da água no solo e capacidade do solo de retardar o escoamento superficial.

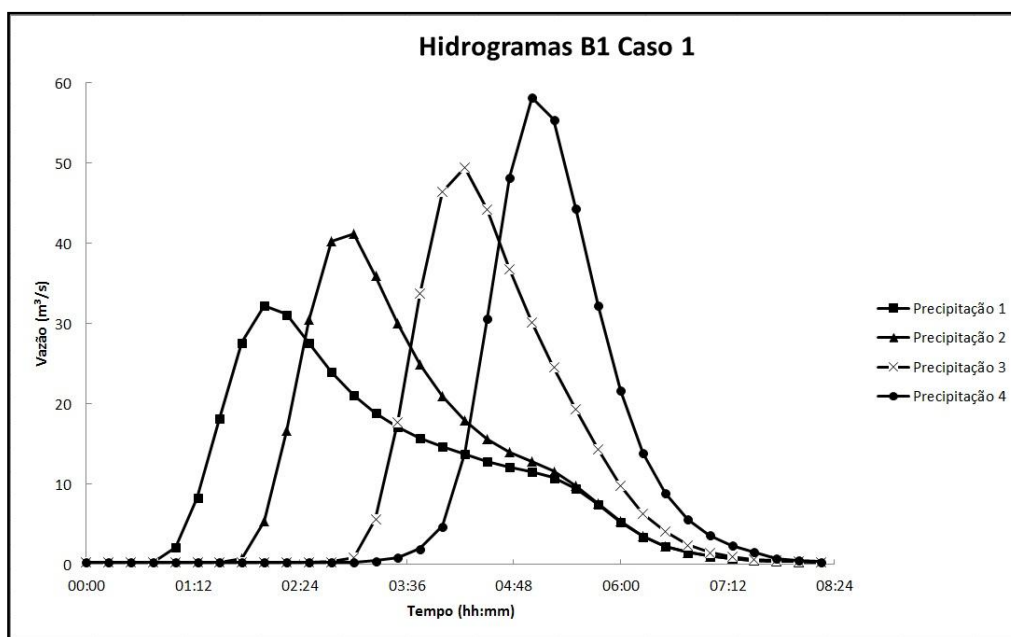


Figura 5 - Hidrogramas das 4 diferentes precipitações para B1 no Caso 1.

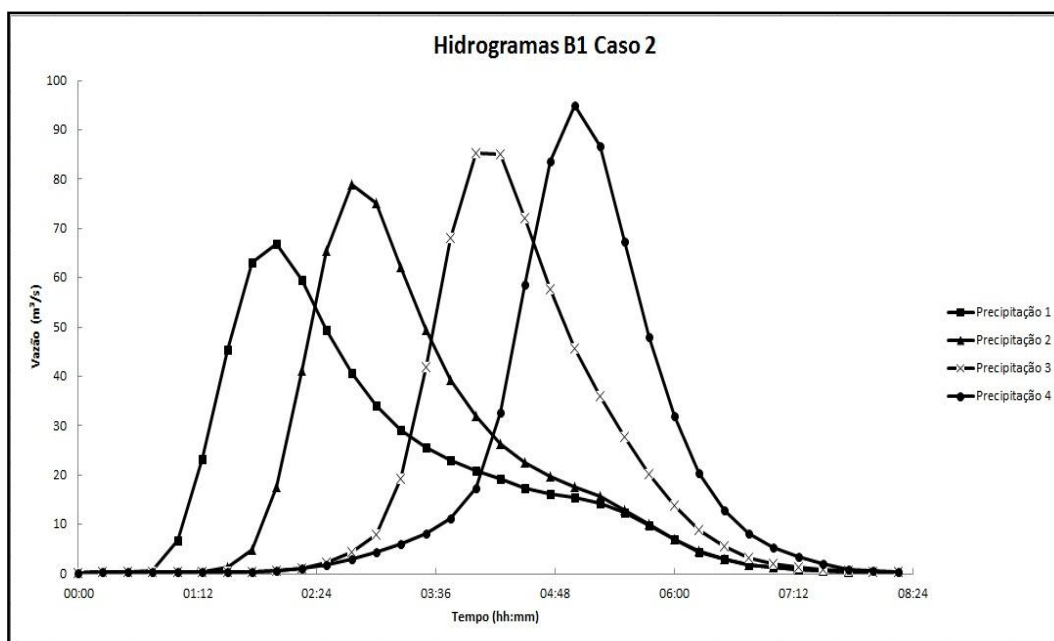


Figura 6 - Hidrogramas das 4 diferentes precipitações para B1 no Caso 2.

Além disso, observa-se a semelhança entre a Precipitação 1 e a Precipitação 2, após às 05:30 de duração do evento chuvoso. Isto resulta do fato onde os volumes escoados tornam-se iguais para os dois Casos neste ponto, a taxa de infiltração permanece igual para ambas as precipitações e a variação do potencial de infiltração está ausente.

A variação no tempo do pico em ambos os Casos ocorreu porque a taxa de infiltração foi mais efetiva no Caso 1 e para os picos de precipitação que ocorrem mais cedo. Este fato mais concreto nos hidrogramas de Precipitação 1, 2 e 3, sendo o de Precipitação 4 pouco afetado.

Para melhor analisar o resultado, obteve-se a diferença nos seguintes resultados dos parâmetros analisados (Tabela 4). Nesta tabela, a expressão “maior diferença” significa a diferença relativa entre o maior e o menor valor obtido dentre 4 precipitações. Desta forma todos os resultados foram adquiridos quando se comparam os resultados obtidos com as Precipitações 1 e 4 que apresentam as duas situações extremas. A conservação do volume para ambos os Casos já era prevista, já que o volume de água é igual para todas as precipitações e os parâmetros relativos à infiltração constantes para todas as bacias. Quanto maior for a perda por infiltração, maior será a diferença entre a variação do pico do escoamento superficial, porém esta consideração não foi válida para potenciais de infiltração muito grandes os quais invertem esta consideração. A Tabela 4 mostra que a Sub-bacia com maior variação foi a B5, por motivos geomorfológicos tais como declividade, comprimento do rio principal, formato e tamanho da bacia.

Tabela 4 - Análise dos Hidrogramas

	Caso 1		Caso 2	
	Maior diferença dos volumes totais do escoamento superficial	Maior diferença dos picos do escoamento superficial	Maior diferença dos volumes totais do escoamento superficial	Maior diferença dos picos do escoamento superficial
B1	0,00%	81,4%	0,01%	41,7%
B5	0,03%	98,6%	0,01%	52,2%
B10	0,18%	97,5%	0,10%	47,4%

O método de regressão linear foi utilizado para a análise de correlação dos valores de pico dos hidrogramas e os tempos de suas ocorrências. A Figura 7 mostra o exemplo para a Sub-bacia B1 em ambos os casos. Os elevados valores de R^2 implicam que há uma forte correlação entre o pico e o horário de sua ocorrência. Tais equações lineares para três Sub-bacias (B1, B5 e B10) se encontram na Tabela 5. Ambos os Casos demonstram que quanto menor for a bacia, pior será a aproximação de uma reta a relação que os picos possuirão.

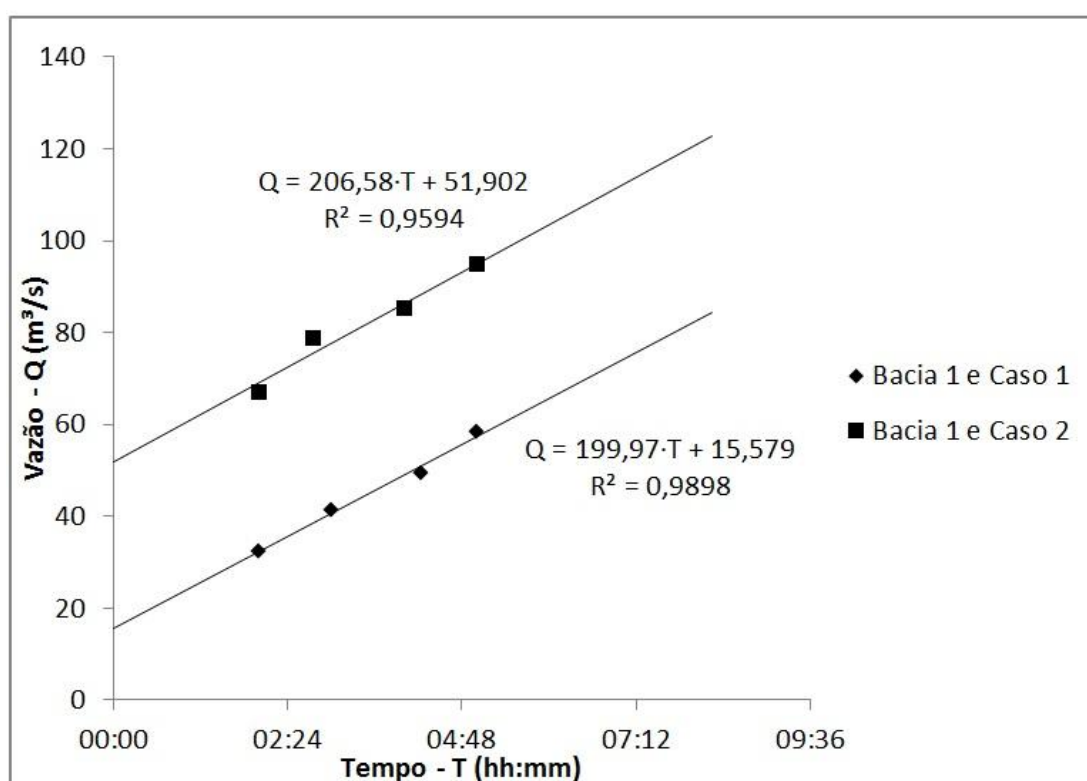


Figura 7 - Regressão linear dos valores de pico dos hidrogramas de B1.

Tabela 5 - Regressão Linear dos Picos

	Caso 1		Caso 2	
	Equação linear	R ²	Equação linear	R ²
B1	$Q = 199,97 \cdot T + 15,58$	0,990	$Q = 206,58 \cdot T + 51,90$	0,959
B5	$Q = 91,85 \cdot T + 7,75$	0,946	$Q = 95,90 \cdot T + 23,58$	0,926
B10	$Q = 5,69 \cdot T + 0,51$	0,936	$Q = 5,50 \cdot T + 1,54$	0,900

Observação: Q = vazão (m³/s) e T = tempo do início da precipitação (dia)

Além disso, nota-se que no Caso 1, do solo mais permeável, a relação se aproxima mais de uma equação retilínea em todas as Sub-bacias de amostra do que no Caso 2. A maior infiltração, ou seja, maior perda de precipitação, forma a menor precipitação efetiva, conseqüentemente o escoamento superficial tenderá a ser nulo. Além disso, o fato da linearidade exata dos picos ocorre também quando o solo é totalmente impermeável. A perda é o que faz a variação dos picos das vazões dos hidrogramas, se ela for nula o amortecimento do pico do hidrograma não ocorreria. Estas considerações permitem dizer que existem duas situações de infiltração nas quais não há nenhuma importância da distribuição temporal da precipitação e que possivelmente existe uma única situação onde aparece a maior importância. Os valores de R² na Tabela 5 implicam que o Caso 2 fica mais próximo à situação que geraria maior importância do que Caso 1.

O Caso 2 possui os maiores valores para os coeficientes lineares das equações. Este coeficiente está ligado diretamente à perda inicial do modelo de infiltração, que está relacionada com o valor do Número de Deflúvio. O coeficiente angular relaciona a amplitude de variação da vazão com o tamanho da bacia. Entretanto como demonstrado na Tabela 4, essa ampliação não foi observada na forma da descrição em porcentagem.

3.2. Análise de inundação

Foram analisadas apenas as Precipitações 1 e 4 (P1 e P4) para ambos os Casos, já que na análise dos hidrogramas estas precipitações possuíram a maior diferença. As análises de inundação se constituem em área de inundação, profundidade de inundação e velocidade de escoamento (Tabela 6).

Tabela 6 - Análises da área de inundação, profundidade de inundação e velocidade de escoamento

	Caso 1			Caso 2		
	P1	P4	Diferença relativa (%)	P1	P4	Diferença relativa (%)
Área de inundação (km ²)	3,31	3,63	8,8	3,81	3,89	2,1
Porcentagem inundada da área total inundável (%)	0,255	0,280	-	0,294	0,300	-
Profundidade máxima (m)	5,38	5,61	4,1	5,66	5,83	2,9
Profundidade média (m)	0,11	0,13	12,8	0,18	0,2	10,1
Velocidade máxima (m/s)	1,67	2,41	30,7	2,57	3,12	17,6
Velocidade média (m/s)	0,33	0,46	28,0	0,51	0,62	18,4

3.2.1. Área de Inundação

As áreas de inundação refletem os locais onde o escoamento da inundação irá alcançar. Este parâmetro não é muito relevante se analisado exclusivamente, pois não indica o perigo de uma inundação, apenas a sua área de alcance. As áreas de inundação são maiores na Precipitação 4 por causa do maior vazão fornecida ao sistema. No Caso 1 a variação das áreas de inundação entre duas Precipitações é maior do que no Caso 2. O valor das áreas inundadas são maiores no Caso 2

3.2.2. Profundidade de Inundação

A profundidade da inundação foi obtida através a diferença entre a cota do terreno, com a cota de elevação do nível de água. Quando maior for a profundidade, maior será o potencial destrutivo, para uma mesma velocidade. Todas as profundidades encontradas são referentes a um *grid*, ou seja, 10.000 m².

Para a profundidade deve-se destacar a maior variação quando se compara a profundidade referente à bacia inteira, como na profundidade média. Isto ocorre porque quando se analisa a profundidade máxima, uma área de armazenamento como uma depressão está sendo representada. Devido à presença de relevos na Área Inundável, a forma da superfície da terra é irregular, o que resultou na maior variação da profundidade média do que da profundidade máxima (Tabela 6).

Notou-se que os locais de maior profundidade para as quatro simulações foram encontrados no mesmo *grid*.

3.2.3. Velocidade do Escoamento Superficial e Índice de Perigo

A velocidade média foi considerada apenas relacionando as áreas inundadas em algum momento. Tanto os dados de velocidade máxima como de velocidade média possuem grande variação entre as duas Precipitações e entre os dois Casos. Este resultado se relaciona à vazão de pico. Comparando os valores das Tabelas 4 e 6, foi observado que a diferença relativa da velocidade é aproximadamente um terço daquela da vazão de pico em ambos os Casos.

Segundo Stephenson (2002), o Índice de Perigo é dado por:

$$IP = h \cdot v \quad (1)$$

onde h é a profundidade de inundação; e v é a velocidade do escoamento. A Tabela 7 apresenta os maiores valores de IP para as duas Precipitações nos Casos. Stephenson (2002) comentou que inundações com IP maior do que um possuem capacidade de causar danos a estruturas físicas. Os valores de diferença relativa na Tabela 7 demonstram a importância da distribuição temporal da precipitação no cálculo do IP . Tal importância não se altera muito com a mudança dos valores de Número de Deflúvio. Contrariando a esta consideração, os resultados de velocidade, profundidade, área de inundação e vazão de pico de cada Sub-bacia de Contribuição sofrem mais influência dos valores de Número de Deflúvio.

Tabela 7 - Índice de Perigo Máximo

Caso 1			Caso 2		
P1	P4	Diferença relativa	P1	P4	Diferença relativa
2,23	3,02	26,1%	3,48	4,50	22,7%

4. CONCLUSÕES

O presente trabalho avaliou a influência da distribuição temporal da precipitação sobre hidrograma de cada Sub-bacia de Contribuição e sobre inundações na Área Inundável na Bacia do Morro do Baú. Apesar de que o método adotado foi apenas de modelagem hidrológica e hidrodinâmica os resultados obtidos permitem as seguintes principais conclusões:

- Para o hidrograma: Ocorre a conservação do volume total escoado. A variação é grande para as vazões de pico e depende muito do potencial de infiltração;

- Para a área de inundação: As áreas de inundação são maiores na Precipitação 4 por causa do maior vazão fornecida ao sistema. No Caso 1 a variação das áreas de inundação entre duas Precipitações é maior do que no Caso 2;
- Para a profundidade de inundação: Ocorre a maior variação quando se compara a profundidade referente à bacia inteira do que na situação de maior profundidade;
- Para a velocidade do escoamento superficial: Tanto os dados de velocidade máxima como de velocidade média possuem grande variação entre as duas Precipitações e entre os dois Casos;
- Para o Índice de Perigo: A importância da distribuição temporal da precipitação não se altera muito com a mudança dos valores de Número de Deflúvio.

Para trabalhar de forma adequada com a distribuição temporal da precipitação, deve-se realizar previsões de precipitações com variações temporais mais precisas. Isto pode ser feito com o aperfeiçoamento do banco de dados e o desenvolvimento dos estudos conceituais sobre as precipitações na região a ser estudada. A melhora das estimativas meteorológicas também pode ser de grande ajuda na obtenção da distribuição temporal da precipitação. Para aperfeiçoamento das relações obtidas, mais modelagens com diferentes números de deflúvios devem ser realizadas. Outra forma de aprimorar as relações obtidas é a comparação de dados de monitoramento hidrológico ao invés do uso da modelagem.

BIBLIOGRÁFICAS

ANA – AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Hidroweb. Disponível em [<http://hidroweb.ana.gov.br>], acesso em julho de 2010

CANHOLI, A. P. (2005). *Drenagem Urbana e Controle de Enchetes*. São Paulo - SP: Oficina de Textos, 302 p.

DAEE/CETESB. (1980). *Drenagem Urbana*. Segunda Edição, São Paulo (SP).

DOOGE, J. C. I. (1973). *Linear theory of hydrologic systems*. Tech. Bull. Nº 1468. Agricultural Research , U. S. Dept. of Agriculture, Washington, D. C.

FRANK, B.; SEVEGNANI, L. (2009). *Desastre de 2008 no Vale do Itajaí. Água, gente e política*. Agência de Água do Vale do Itajaí, Blumenau – SC, 192 p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. IBGE Cidades – Gaspar. Disponível em [www.ibge.gov.br], acesso em junho de 2010.

LIMA, G.M.A.; BASTOS, L.C.; BELTRAME,A.V. (2010). “*Correlação entre o movimento de massa e a cobertura vegetal na bacia do Braço do Baú, Município de Ilhota – SC*”. In Anais do III

- Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias de Geoinformação, Recife, Jul. 2010, pp. 001 - 008.
- LOUKAS, A. (2002). “*Flood frequency estimation by a derived distribution procedure*”. Journal of Hydrology 255, pp. 69 – 89.
- MENEZES, J.G.R. (2009). *A tragédia do Morro do Baú*. Nova Letra Gráfica e Editora, Blumenau – SC, 438 p.
- O'BRIEN, J.S.; JULIEN, P.Y.; FULLERTON, W.T. 1993. *Two-dimensional water flood and mudflow simulation*. J. of Hyd. Eng., ASCE, 119(2), pp. 244 - 259.
- PEREIRA, M. (2009). *Ilhota, 23 de novembro de 2008: diário de uma tragédia*. HB Editora, Blumenau – SC, 272 p.
- RAHMAN, A.; WEINMANN, P.E.; HOANG, T.M.T; LAURENSEN, E.M. (2002). “*Monte Carlo simulation of flood frequency curves from rainfall*”. Journal of Hydrology 256, pp. 196 – 210.
- SILVEIRA, A.L.L. (2005). “*Desempenho de Fórmulas de Tempo de Concentração em Bacias Urbanas e Rurais*”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos 10, pp. 5 – 23.
- STEPHENSON, D. (2002). “*Integrated flood plain management strategy for the Vaal*”. Urban Water, 4, pp. 425-430
- STRAHLER, A.N. (1952) *Hypsometric (Area-altitude) analysis of erosional topography*. Bull. G.S.A., 63, pp. 1117-1142.
- USACE-HEC. (2000). *Hydrologic Modeling System, HEC-HMS – Technical Reference Manual*. US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. 157 p.